

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-190435

(43)Date of publication of application : 30.07.1993

(51)Int.Cl. H01L 21/027
G06F 15/62
H01L 21/68

(21)Application number : 04-006199

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 17.01.1992

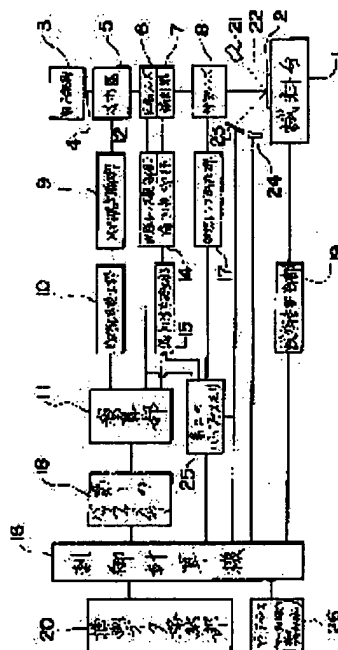
(72)Inventor : OKAMOTO YOSHIHIKO

(54) ELECTRON BEAM LITHOGRAPHY METHOD OF SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a drawing method wherein a high-accuracy drawing operation can be performed irrespective of whether a defect and a foreign body exist on a wafer or not and whether the distortion of the wafer exists or not and to provide a drawing method wherein a drawing treatment and a calibration treatment for the dislocation of a position are performed with good efficiency.

CONSTITUTION: An alignment mark on the surface of a wafer 2 is scanned by using an electron beam 4; its position and its height are detected. Pieces of their data are compared with stored values which have been classified in advance according to the type, the production stage and the inside-the-face distribution of the wafer at the point of time when the pieces of data are detected. When the pieces of data are outside the permissible range of the distribution of the stored values, corresponding stored values are read out instead of them. By means of the values, the deflection amount of the electron beam, the amount of the electron beam, the shape of a photoelectric face, and the focal position of the electron beam are corrected by controlling a deflector 7, a rotary lens 6 and an object lens 8. A region which is drawn by one electron beam irradiation treatment is decided on the basis of the scanning width of the electron beam in a direction perpendicular to the movement direction of a specimen stand 1. Whenever the drawing operation of the region is finished, a calibration treatment by detecting a mark is executed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

(11)特許出願公開番号

特開平5-190435

(43)公開日 平成5年(1993)7月30日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027				
G 0 6 F 15/62	3 8 0	9287-5L		
H 0 1 L 21/68	F	8418-4M		
		8831-4M	H 0 1 L 21/ 30	3 4 1 K
		8831-4M		3 4 1 M
			審査請求	未請求 請求項の数4(全 15 頁)

(21)出願番号 特願平4-6199

(22)出願日 平成4年(1992)1月17日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72)発明者 岡本 好彦

東京都青梅市今井2326番地 株式会社日立

製作所デバイス開発センタ内

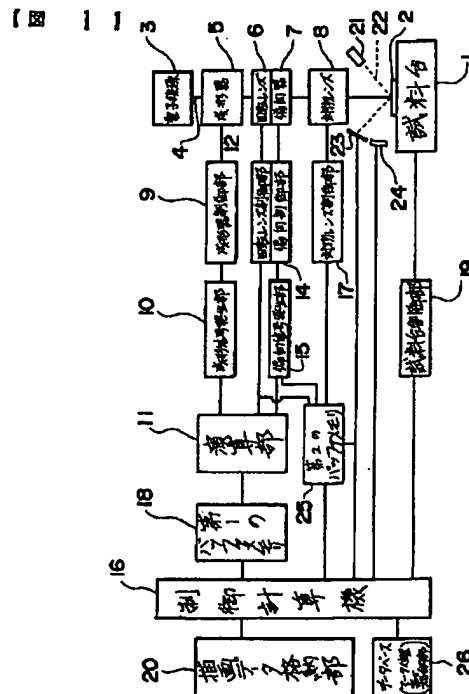
(74)代理人 弁理士 小川 勝男

(54)【発明の名称】 半導体装置の電子線描画方法

(57) 【要約】

【目的】 ウェハ上の欠陥、異物並びにウェハの歪の有無に拘らず精度の高い描画を可能とする描画方法、及び、描画処理と位置のズレに対する較正処理とを効率良く行う描画方法を提供する。

【構成】 ウェハ2表面の位置合わせマークK1を電子線4にて走査して位置／高さを検出し、そのデータを、データ検出時点でのウェハの種類、製造段階、及び面内分布に応じて予め分類されている記憶値と比較し、該データが、記憶値の分布の許容範囲から外れているときに、これに代えて対応する上記記憶値を読み出し、これを用いて電子線の偏向量／光電子面の形状／電子線の焦点位置を、偏向器7、回転レンズ6、対物レンズ8の制御により修正する。1回の電子線照射処理により描画される領域は、試料台1の移動方向と直交する方向の電子線走査幅に基いて決定され、該領域の描画終了毎にマークK1の検出による校正処理が行われる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体ウェハ表面を電子線にて走査して該ウェハ上に形成された複数の位置合せマークの位置又はウェハ表面の高さの少なくとも一方を検出し、斯く検出したデータを、データ検出時点でのウェハ状態に応じて予め分類された記憶値又は面内分布の少なくとも一方に応じて予め分類された記憶値と比較し、該検出したデータが記憶されたデータの分布の許容範囲から外れていると判断されたときに、これに対応する上記記憶値を読み出し、該外れたデータに代えてこの記憶値を用いて電子線の偏向量、電子線の光電子面の形状及び電子線の焦点位置の少なくとも1つを修正してウェハ表面に塗布されたレジストを感光することを特徴とする電子線描画方法。

【請求項2】 ウェハを搭載するX-Yステージを一方向に移動させながら該ウェハに電子線を当ててウェハ上に塗布されたレジストを露光する電子線描画方法において、ウェハの露光領域を、試料台の移動方向にこれと直交する方向の電子線走査幅に基いて複数の露光領域に分割し、該分割した露光領域の1つの領域に対する露光処理の終了毎に、ウェハ表面に形成された位置合せマークの位置又は高さの少なくとも一方を検出し、この検出結果に基いて位置合わせのずれに対する修正を行なうことを特徴とする電子線描画方法。

【請求項3】 ウェハを搭載するX-Yステージの連続移動方向と、ウェハ上に形成されるパターンの座標軸との回転誤差を計測し、該回転誤差に基いて電子線の偏向量の修正又は電子線の光電子面の形状の回転角度修正の少なくとも一方を行うことを特徴とすることを特徴とする電子線描画方法。

【請求項4】 電子線の偏向制御と、表面にレジストが塗布されたウェハが搭載されるX-YステージのX方向又はY方向の少なくとも一方へのステップ移動とを組み合わせさせてウェハ表面に所望のパターンを露光する電子線描画方法において、所定の基準点を中心とした電子線の偏向照射により描画可能な範囲より小さい描画領域を形成し、この描画領域に少なくとも2以上の描画基準点を形成し、この2以上の描画基準点に上記所定の基準点を順次合わせて同一パターンに対し2以上の電子線露光処理を行うようにしたことを特徴とする電子線描画方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体製造技術さらには電子線を用いた微細加工技術に適用して特に有効な技術に関し、例えば、表面にレジストが塗布されたウェハに回路パターン等を転写する技術に利用して有用な技術に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体集積回路装置の製造工程において、レジストが塗布されたウェハに所望の集積回路パ

ターンを転写する露光工程を行うに当り、電子ビーム（電子線）により該レジストを感光させる電子線露光技術が公知である（例えば株式会社工業調査会、昭和61年11月18日発行、「電子材料」1986年11月号別冊第110頁～第114頁）。この電子線露光技術では、レジストを塗布したウェハ表面に電子線を照射して集積回路パターンを直接描画するため、従来の光露光技術（一旦フォトリソマスクに集積回路パターンを形成し、これをウェハ上に転写する技術）よりも微細な集積回路パターンが形成できる。

【0003】 従って電子線による微細な集積回路パターンの描画を実効あらしめるためには、電子線と試料との正確な位置合わせが前提とされ、集積回路の設計データに基づいて電子線（集束ビーム）をコンピュータ制御することによって、高速、高精度の微細加工処理を実現できる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上述した技術には、次のような問題のあることが本発明者らによってあきらかとされた。即ち、集積回路パターンが描画されるウェハには、多くの工程を繰り返す間に歪みや表面段差が生じるので、この段差に応じて、電子線によって描画される図形（露光図形）に補正を施すことが、その後相互に重ね合わされる露光図形の合わせ精度や寸法精度を維持する上で必要である。このためウェハ上に形成される単位露光領域（図3参照）毎に、電子線描画装置のコンピュータ制御によって、個々の設計データに上記段差に応じた所定の補正を施して微細加工を行わなければならない。しかるに、多くの工程が行われ、パターンが半導体ウェハ上の下地パターンに重ね合わされると、工程を繰り返す間にウェハ表面に歪みや段差が生じたり、或は、作業中にウェハ表面に異物が付着したり、或は加工工程途中でウェハ上にマーク上の欠陥が生じるなどして、ウェハに形成された上記基準マークを正確に検出することができなくなる場合がある。このためマーク位置検出値に基づいてウェハと回路パターンの位置合わせの修正を行っても、マークの検出誤差に起因する合わせ誤差が生じ、高い描画精度が得られないと云う不具合が生じる。

【0005】 また、電子線を用いて微細パターンを描画するに際しては、照射時間が長くなる程電子線自体の照射位置の変動量が徐々に大きくなることが知られている。これを抑えるために、一定時間間隔で照射位置が所望の位置となっているか、ステージ上のマークやウェハ上のマーク位置に基づいて較正する必要がある。電子線を用いた描画装置では、描画処理の高速性を保持するために、基準となる合わせマークの位置検出、高さ検出の時間間隔を極力短くして位置マークの較正を短期間に行うことが望まれる。又、較正処理は、ウェハ上にパターンを全面描画する間に、複数回行う必要があり、これら

の処理は如何なるタイミングで行うかが描画の精度を決定することとなる。

【0006】また、ウェハを搭載したステージを一方方向に連続移動しながら、ウェハ上にパターンを描画する処理を実行したところ、前記ステージの連続移動の方向とウェハ上に既形成した下地パターンの座標軸の方向とで、回転段差が生じることが明らかとなった。この回転誤差により最大500 μ m程度座標のずれが生じる点が存在することもある。従来はこの回転誤差を補正するために、誤差検出後、ウェハが搭載されたステージを回転誤差分だけ微小回転する手法が採られていた。しかしながら、ウェハの保持手段として静電チャック方式が採用されるに至ると回転修正が困難となる。これは静電チャック方式では、ウェハを静電気によりステージ上に固定しているが、この静電チャック方式の保持力は、室内から描画装置の真空状態に移動する際に一旦解除され描画装置内での回転位置を最良とするために、位置決めを行うことはできない。

【0007】また、電子線を用いて回路パターンを描画する際、試料(ウェハ)に電子線が照射されたときに試料が帯電し、このときの電荷により次に回路パターンを描画する際に電子線の照射位置が、所望の位置よりシフトする。この照射位置のシフト量は、電子線の電流値に依存するもので、電流値が大きくなる描画処理時に大きくなり、回路パターンを高精度に描画する際に支障が生じる。また、1の電子線処理により描画可能な偏向領域の境界部(隣接偏向領域との境界部)は、電子線の偏向歪が大きくなり、この境界部付近では高い精度の描画が行えない。さらに、電子線自体がクーロンの法則に従って自己の電荷間で互いに影響を与え合い、描画工程時に輪郭が不明瞭となったり、電子線自体に揺らぎが生じて描画される回路パターンの寸法や位置にばらつきが生じる。これらの問題点は、特に高精度が期待される極微細の回路パターン描画工程で顕著になる。

【0008】本発明は、上記事情に鑑みて成されたもので、第1の目的は前記ウェハ上の欠陥、異物並びにウェハの歪の影響を少なくして精度の高い描画を可能とした電子線描画方法を提供することである。又、第2の目的は、ステージが連続移動される描画装置において電子線によるパターンの描画処理と位置の較正処理とを効率良く行うべく、マーク検出動作と電子線の照射動作とを効率よく行う電子線描画方法を提供することである。又、第3の目的は静電チャック方式が採用された描画装置においても、ウェハの回転誤差を精度良く補正することを可能にした電子線描画方法を提供することである。又、第4の目的は照射された電子線が帯電したウェハにより、又は自己の電荷により、その照射位置がずれた場合であっても、精度の良く描画することが可能な電子線描画装置及び描画方法を提供することである。この発明の前記ならびにそのほかの目的と新規な特徴については、

本明細書の記述および添附図面から明らかになるであろう。

【0009】

【課題を解決するための手段】本願において開示される発明のうち代表的なものの概要を説明すれば、下記のとおりである。すなわち、本発明の描画技術は、例えば、電子線描画技術に適用した場合は、ウェハ上の複数の合わせマーク位置と高さの検出に際し、前記試料上歪、欠陥、異物などによって、前記試料面上のマーク位置と高さの検出精度劣化を防ぐため、前記試料の複数の検出データを試料の品種、製造工程、面内分布などの統計処理によって、分布から外れた検出データを除外して残りのデータを用いて電子線(荷電ビーム)の偏向と電子線の形成および電子線のビーム焦点位置を合わせ、試料上へパターンを描画するようにしたものである。また、ウェハを搭載したステージを連続して移動しながら、ウェハ上にパターンを描画する際に、電子線(荷電ビーム)の偏向量によって、ウェハ上の描画領域を前記ステージの連続移動方向と直交方向に分割し、それぞれの領域毎に前記マーク位置と高さの検出とパターン描画の繰返して較正処理を行うようにしたものである。又、ウェハを搭載したステージを連続して移動しながら、ウェハ上にパターンを描画する際に、前記ステージの連続移動の方向とウェハ上に形成した下地パターンの座標軸の方向との回転誤差を計測し、前記回転誤差が小さい場合は電子線の偏向系に補正を加えることによって、また、前記回転誤差が小さい場合は、電子線の偏向系に補正を加えることと電子線の形状の回転に補正を加えることによって、前記回転誤差を補正して描画するようにしたものである。又、ウェハの移動と電子線の偏向走査と電子線のオンオフとを組合せ、ウェハ上へパターンを描画する方法において、ウェハ上に描画するパターンの寸法、位置座標などを複数の基準点を中心とした座標に変換し、各々の座標に基づいて、1つの描画点に対し複数重ね露光するものである。

【0010】

【作用】上記した本発明の電子線描画技術によれば、ウェハ上の複数の合わせマーク位置と高さの検出に際して、前記の検出データが前記試料の位置と高さを反映したもののか、前記試料面上の欠陥、異物並びに試料の歪を含んだもののかを前記検出データの統計処理により排除することができる。例えば、ウェハ上に特定の配線膜や絶縁膜の堆積、エッチング加工の後のウェハの歪を基に、マーク位置や高さの分布を求め、これより外れた検出データを除く等の処理が可能となる。また、ウェハを搭載したステージを連続して移動しながら、ウェハ上にパターンを描画する際に、電子線のドリフト量によって、ウェハ上の描画領域を前記ステージの連続移動方向と直交方向に分割することで、描画時間を大幅に増加することなく、それぞれの領域毎に前記マーク位置と高さの検出

とパターン描画して精度の向上を図ることができる。また、ウェハを搭載したステージを連続して移動しながら、ウェハ上にパターンを描画する際に、前記ステージの連続移動の方向とウェハ上に形成した下地パターンの座標軸の方向との回転誤差を計測し、前記回転誤差が小さい場合は電子線の偏向系に補正を加えることによって、また、前記回転誤差が大きい場合は、電子線の偏向系に補正を加えることと電子線の光電子面の形状に回転に補正を加えることによって、前記回転誤差を補正して描画するようにしたものである。また、ウェハの移動と電子線の偏向走査と電子線のオンオフとを組合せ、ウェハ上へパターンを描画する方法において、ウェハ上に描画するパターンの寸法、位置座標などを規定した一種類のパターンデータに対して、複数の基準点を中心とした複数の座標を得、これを基準に、複数回重ね露光するものである。これにより、電子線の揺らぎが低減され、電子線偏向境界部での接続精度の向上が実現できる。

【0011】

【実施例】以下、本発明の一実施例を添付図面に基づいて説明する。図1は本発明に係る電子線露光装置の構成を示すブロック図、図2は電子ビーム装置の構成を示す斜視図、図3はウェハ上の単位露光領域の配列状態とアライメントマークとの関係の一例を示す説明図、図4はマーク検出データの統計処理フロー、図5、図6はウェハの面内分布によるデータ処理の説明図、図7～図10は被露光物（ウェハ）の露光面の高さに応じた偏向係数を求める処理の一例を示した説明図、図11は偏向係数を求める際の基準マーク検出位置の一例を示す説明図、図12は本実施例の電子線露光装置による描画方式の説明図、図13はウェハ回路パターンの座標軸とステージの移動方向の間に生じる回転誤差を示す説明図、図14は第2実施例の電子線照射手法を用いるデータの生成手順を示す説明図、図15は上記データに基づく電子線照射の手順を示す説明図である。

【0012】（第1実施例）先ず図1、図2を参照して、電子線描画装置による描画手順について説明する。図中1で示す試料台は、水平面内においてX方向及びY方向（例えば図3の横方向と縦方向）に移動自在なX-Yステージからなり、該試料台1の上には、被露光物（試料）として例えば、表面に感電子線レジストが被着された半導体ウェハ2が載置される。試料台1の上には電子線源3が設けられており、試料台1に載置されたウェハ2に向けて電子線4が照射される。電子線源3と試料台1との間には、成形器5、回転レンズ6、偏向器7及び対物レンズ8などからなる電子光学系の電子線調整装置が設けられている。

【0013】前記電子線源3から照射される電子線4は成形器5を通過することによってその内部に設けられたアパーチャ5a、5b（図2）により光電子面が所定の形状（方形）に変換された後、回転レンズ6による回転

補正と偏向器7による偏向補正がなされ、これによりウェハ（被露光物）2上の任意の位置に任意の光量にて電子線が照射される。そして前記対物レンズ8によって、照射された電子線4の被露光物2の表面に対する焦点合わせが行われる。

【0014】前記試料台1の被露光物2の上方位置には、ウェハ2に当てられた電子線4の反射光を検出してウェハ2における電子線4の入射部位の高さを測定するZ測定器23が形成されている。又、試料台1上方位置には、前記電子線4又は他の光源21を試料上面のマーク形成部に照射したときの二次電子、又は散乱光22を検出し、この検出結果に基づいて被露光物上のマーク位置を検出するマーク検出器24が設けられている。これらのZ測定器23およびマーク検出器24はいずれも制御計算機16に接続されて、その検出結果が該計算機16に送られるようになっている。

【0015】光電子面を所定形状に変換する前記成形器5は、成形器制御部9および成形信号発生部10を介して高速アクセス可能な第1のバッファメモリ25更には制御計算機16に接続され、回転レンズ6は回転レンズ制御部12を介して、演算部11、第1のバッファメモリ25、制御計算機16に接続される。又、回転レンズ制御部12は第2のバッファメモリ25、更に制御計算機16に接続されている。又、偏向器7は、偏向制御部14および偏向信号発生部15を介して前記演算部11と第2のバッファメモリ25とに夫々接続されている。一方、対物レンズ8は対物レンズ制御部17及び第2のバッファメモリ25を介して演算部11及び制御計算機16に接続されている。又、試料台1のX-Yステージの動作を制御する試料台制御部19は制御計算機16に接続されている。

【0016】上記制御計算機16には、被露光物2に露光する図形に関する大量の情報が格納される、例えば大記憶容量のハードディスク装置などからなる、描画データ格納部20が接続されている。この描画データ格納部20は制御計算機16によって適宜選択された所定の図形情報を、必要に応じて、高速アクセスが可能な第1のバッファメモリ18に転送するように構成されている。また、前記制御計算機16には、被露光物（ウェハ）2のマーク位置や高さに関するデータを、ウェハの品種（CMOSLSI、バイポーラLSI、…）、当該露光が行われる製造工程の別、ウェハの面内分布に応じて格納するデータベース26が接続されている。そしてこのデータは、個々のウェハ2に対応した露光ジョブプログラムにリンクして逐次取り出せるようになっている。

【0017】一方、演算部11は、バッファメモリ18に保持されている図形情報に基づいて、電子線4の光電子面の形状（方形の大きさ等）や偏向量（電磁偏光、静電偏光の制御量）などを演算して、この各種演算結果に応じた種々の制御信号を出力する。この演算部11から

の制御信号を受けた成形信号発生部10および成形器制御部9は、該信号に基づいて成形器5の制御（光電子面の形状の制御）を行う。更に上記制御信号は回転レンズ制御部12、偏向信号発生部15、対物レンズ制御部17にも送られる。このうち前記回転レンズ制御部12は回転レンズ6の作動制御を行い、偏向信号発生部15は偏向制御部14と協働して偏向器7の制御を行う。そして対物レンズ制御部17は対物レンズ8の制御（焦点合わせ）を行なうようになっている。この場合、制御計算機16と偏向信号発生部15、計算機16と回転レンズ制御部12、および、計算機16と対物レンズ制御部17の間には第2のバッファメモリ25（記憶手段）が介設されており、この第2のバッファメモリ25は前記Z測定器23からの高さデータが入力されるようになっている。

【0018】そして上記Z測定器23により得られる検出結果（高さデータ）は後述の素子領域 $P_1, P_2 \dots P_n$

（図3参照）の各々の偏向領域毎（面内分布毎）に、検出により測定された露光面高さが認識され、この認識された高さに応じて第2のバッファメモリ25に予め格納された任意の補正係数が選択的に読み出される。このように読み出された補正係数は前記偏向信号発生部15、回転レンズ制御部12および対物レンズ制御部17にその旨を表す信号として送られる。

【0019】図2は上記電子ビーム装置の描画装置の構成を示す斜視図である。図2に示す試料の水平面内において移動自在なX-Yステージ（試料台）1の上には表面に感電子線レジスト等が塗布されたウェハ（被露光物）1が搭載されている。試料台1の上方には、電子線源たる電子銃3が設けられており、ウェハ2に向けて電子線4が放射されるように構成される。電子線源3から試料台1に至る電子線4の経路には、成型器5、回転レンズ6、偏向器7、対物レンズ8などからなる電子光学系が設けられて電子線調整部（装置）が構成される。

【0020】かかる構成の電子線描画装置を用いたウェハ位置合わせ／パターンの露光の動作手順を図3を参照して具体的に説明する。半導体ウェハ2の露光面は、図3に示すように複数の素子領域（単位露光領域） $P_1, P_2 \dots P_n$ に区切られており、各々の素子領域 $P_1, P_2 \dots P_n$ の所定位置には、アライメントマーク $K_1, K_2 \dots K_n$ が設けられている。このアライメントマークは、例えばウェハ表面に集積回路の素子を形成する際に複数回繰り返される露光工程にて、各々の工程毎に用いられる複数の回路パターン相互の重ね合わせ精度を維持するためのもの（位置合わせ用）である。実際にこのアライメントマークを用いて位置合わせを行うには、該アライメントマーク（ $K_1, K_2 \dots K_n$ ）に電子線4又は光源21からの光22を当てて、このときの散乱光をZ検出器23又はマーク検出器24によって検出して、アライメントマーク位置を3次元的に認識する。そして、このように検

出したデータを $L_i (x_i, y_i, z_i)$ と表して、該データ L_i がウェハ2上に形成されたアライメント K_i の情報（マーク形成路のデータ；理想格子点）を正しく反映したものであるかを、例えば図4に示したフローチャートで判別する。このようにフローチャートに従ってデータ内容を比較することにより、被露光物（ウェハ）2上に異物が付着したり、下地段差が生じていた場合に生じる、アライメントマークの検出エラーが排除される。

【0021】このフローチャートでは、先ずステップ1でウェハ上に設けられた複数のアライメントマーク（ $K_1, K_2 \dots K_n$ ）を測定し、ステップ2でこの測定データを座標変換してデータ $L_i (x_i, y_i, z_i)$ を得る。そして、該得られたデータ L_i とマークを表す理想格子点（設計段階での値）との誤差 ΔL_i を算出し、ステップ3～6にて該誤差 ΔL_i が、①過去の検出データに基づく品種毎の統計処理によって既に決定されている基準値以下となっているか否か、②製造工程毎に決定される基準値以下となっているか否か、③ロット毎に決定されている基準値以下となっているか否か、④ウェハの面内分布毎に決定された範囲内か否かが夫々判別される。ここで品種毎とは、ウェハに形成されるLSIの種類（例えばバイポーラLSI、CMOS…）の違いを言い、工程毎とはアルミ1層、層間絶縁膜、アルミ2層…などの製造工程の違いを云う。そして、これらの判別が全て“Y e s”のときにはステップ7で、このデータ L_i を採用して新たなマーク位置、高さを表すデータを算出する。一方、ステップ3～6の何れかが“N o”のときには、更にステップ8で $K_1 \sim K_n$ のエラー測定比率が所定値（5%）以上であるか否かが判別される。ここでエラー測定比率とは、データを検出した全てのマーク（図3に示す各マーク）のうち、その検出値が上記基準値より外れたマークが幾つあったかを表す比率である。この判別結果が“N o”のときにはステップ1に戻って、データの検出からやり直し、一方、“Y e s”のときには、上記基準値から外れたデータを既に記憶されている値と置き換えて（ステップ9）、その後の処理が行われる。尚上記ステップS3～S6の判別の基準となるものは、それまでに行われた処理で検出したデータであり、このデータを被露光物の品種、製造工程、ロット、面内分布により分類して記憶しておき、この分類条件に対応したウェハの検出データが、新たなデータの検出時に適宜読み出されて比較の基準とされる。この方式では、被露光物の検査が繰り返されると、それだけデータが多く蓄積されるので、判定基準の精度を経時的に向上させることができる。

【0022】次に、被露光物（ウェハ）の面内分布に基づいて、上記検出データ L_i に関する異常データの排除、および補足を行う手順について図5、図6を用いて説明する。図5に示すように、検出データ L_i に異常点のデータ（ L_{i+1} ）が含まれている場合、各検出データ

の理想格子点からの誤差 ΔL に対し、異常点データを差分し(L14)、これを平均値処理して、この処理したデータを異常点データと置換する。

【0023】ところで素子領域(単位露光領域) $P_1, P_2 \dots P_n$ に対する描画データ格納部20内の図形情報に基づいて被露光物(ウェハ)2に露光処理を行うに当たっては①該被露光物(ウェハ)2の露光面高さに応じた対物レンズ8の制御による焦点合わせおよび偏向器7の偏向係数に対する補正(第1の補正)、②被露光物2上の素子領域 $P_1, P_2 \dots P_n$ を形成している座標系と電子光学系の座標系の不一致および被露光物2の有する歪みに対する偏向器7の偏向係数に対する補正(第2の補正)が必要である。そこで本実施例では上述したデータ処理を終了後、以下の修正処理を行う。

【0024】即ち上記露光面高さに応じた偏向器7の偏向係数の算出及びこれに対する補正を以下の手順に従って行う。被露光物2に対する露光操作に先だつては高さの補正が行われる。この場合、先ず高さの差が既知の異なる高面32および低面31を有する試料を試料台1の上に設け試料の高面32、低面31の標準マーク M_H, M_L の位置を検出する。この場合 M_H を検出するに当たっては、図7、図8に示すように試料台1の位置を移動させ、電子線4を偏向させて M_H を照射する際の二次電子を、マーク検出器24(図1)にて検出し、これにより、異なった偏向位置での標準マーク M_H 検出結果を得る。一方、標準マーク M_L を検出するに当たっても、図9、図10に示すように、上記と同様に、異なった偏向位置(試料台1を移動させて)で標準マーク M_L を検出する。そして、試料台1を所定の距離だけ移動させながら偏向領域内の複数の位置 $m_1, m_2, m_3, \dots m_n$ (図11)において標準マーク M_H, M_L の位置を夫々検出することにより、露光面高さの変化に応じた歪み量が求められる(尚、この場合、当該位置 $m_1, m_2, m_3, \dots m_n$ を表すデータは試料台1(X-Yステージ)の送り量に基づいて試料台制御部19により正確に求められると仮定する)。

【0025】図1の偏向信号発生部15に与えられるべき偏向補正係数は、X、Yを偏向のX、Y座標、 $\Delta X, \Delta Y$ を試料台1の位置より求めた歪み量とした場合に、表される次式(1)、(2)の左辺を0とする係数 $A_0, A_1 \dots A_9, B_0, B_1 \dots B_9$ である。

$$\begin{aligned} \Delta X = & A_0 + A_1 X + A_2 Y + A_3 X^2 \\ & + A_4 XY + A_5 Y^2 + A_6 X^3 \\ & + A_7 X^2 Y + A_8 XY^2 + A_9 Y^3 \quad \dots(1) \\ \Delta Y = & B_0 + B_1 X + B_2 Y + B_3 X^2 \\ & + B_4 XY + B_5 Y^2 + B_6 X^3 \\ & + B_7 X^2 Y + B_8 XY^2 + B_9 Y^3 \quad \dots(2) \end{aligned}$$

【0026】又、任意の試料面高さZでの偏向補正係数 A_n^Z, B_n^Z は、図7～図10に示した標準マークのうち、標準マーク M_H のデータを上記(1)、(2)式に当てはめ

て求めた偏向補正係数を A_n^H, B_n^H とし、標準マーク M_L を用いて求めた偏向補正係数を A_n^L, B_n^L とすると、 $A_n^Z = (A_n^H - A_n^L) Z / H \quad \dots(3)$

$$B_n^Z = (B_n^H - B_n^L) Z / H \quad \dots(4)$$

として与えられる(ここでHは、標準マーク M_H, M_L の高さの差である)。

【0027】一方、対物レンズ8に関しては焦点位置および非点収差に対する補正が行われる。この場合の焦点補正の電流値 I_r は偏向座標X、Yに応じて定まるもので次式(5)にて求められる。

$$\begin{aligned} I_r = & \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Y + \alpha_3 X^2 \\ & + \alpha_4 XY + \alpha_5 Y^2 + \alpha_6 X^3 \\ & + \alpha_7 X^2 Y + \alpha_8 XY^2 + \alpha_9 Y^3 \quad \dots(5) \end{aligned}$$

ここで α_0 は試料面高さZに応じて変化するもので次式(6)で求められる。

$$\alpha_0^Z = \alpha_0^L + (\alpha_0^H - \alpha_0^L) / H \cdot Z \quad \dots(6)$$

【0028】又、非点収差補正の電流値 I_{sx} は、同様に、

$$\begin{aligned} I_{sx} = & \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 Y + \beta_3 X^2 \\ & + \beta_4 XY + \beta_5 Y^2 + \beta_6 X^3 \\ & + \beta_7 X^2 Y + \beta_8 XY^2 + \beta_9 Y^3 \\ I_{sy} = & \gamma_0 + \gamma_1 X + \gamma_2 Y + \gamma_3 X^2 \\ & + \gamma_4 XY + \gamma_5 Y^2 + \gamma_6 X^3 \\ & + \gamma_7 X^2 Y + \gamma_8 XY^2 + \gamma_9 Y^3 \quad \dots(7) \end{aligned}$$

として与えられる。ここで β_0, γ_0 がZの関数として

$$\beta_0^Z = \beta_0^L + (\beta_0^H - \beta_0^L) Z / H \quad \dots(8)$$

$$\gamma_0^Z = \gamma_0^L + (\gamma_0^H - \gamma_0^L) Z / H \quad \dots(9)$$

として与えられる。
【0029】本実施例の電子線露光装置では試料面の高さに応じて変化する補正係数 $A_n^Z (A_1^Z, A_2^Z \dots A_9^Z), B_n^Z (B_1^Z, B_2^Z \dots B_9^Z)$ 、及び $\alpha_0^Z, \beta_0^Z, \gamma_0^Z$ に関しては、①前記高、低2面間の高差Hあるいはその外側をも含んだ試料面高さを按分し、②各試料面高さ $Z_1, Z_2, Z_3, \dots Z_n$ に対応した値を、前もって算出された $\gamma_1, \gamma_2 \dots \gamma_3, \beta_1, \beta_2 \dots \beta_3$ (一定値)と共に前記第2のバッファメモリ25に格納し、③さらに各アライメントブロック $K_1, K_2 \dots K_n$ (図3参照)毎に算出した各露光領域毎の位置合わせのための補正係数 $C_{01}, C_{11}, C_{21}, C_{31}, D_{01}, D_{11}, D_{21}, D_{31}$ を前記第2のバッファメモリ25に格納し、④これを基に例えば個々の素子領域 $P_1, P_2 \dots P_n$ に対応する各露光領域毎に露光面高さZに依存する補正係数を、測定された露光面高さZに応じて第2のバッファメモリ25内に予め格納されている値より選択し、⑤既定の値をとるものとともに当該第2のバッファメモリ25から読み出して制御計算機16を介在させることなく直接的に偏向信号発生部15、回転レンズ制御部12および対物レンズ制御部17へ与える。この手順によって、個々の単位露光領域の露光作業が行なわれる。

【0030】電子線露光装置の制御計算機16に、被露

光物（ウェハ）に関するデータ、即ち、ウェハの種類、製造工程、着工ロット、面内分布等の情報を有するデータベース26を接続し、これらのデータを被露光物の露光制御用のジョブデータにリンクして取り出せるようにし、更に被露光物の実際のマーク検出データを前述の図4に示すフローに従って、これら取り出されたデータを基に判別することで、被露光物への露光の重ね合わせ精度を確実に向上させることができる。

【0031】図12は、上記電子線露光装置による描画方式の一例を示す説明図である。この描画方式では、電子線描画装置（図2）のX-Yステージ（試料台）1はY方向（図12中上下方向）にのみ連続移動されるようになっている。これは上記描画装置では、過電流を防止するためにX-Yステージが金属以外の材質（セラミック製）にて構成され、この場合、ステージの重量が大きくなって、このステージをX-Y両方向に連続移動させる構成とするには装置全体の機能向上（拡大化）を図らなければならないからである。

【0032】一方（Y方向）のみ連続移動させる描画方式を行うに当たっては、ウェハ2の露光面がステージの連続移動方向（図中上下方向）と直交方向に縦分割されて複数の描画領域が形成され、それぞれの描画領域への描画動作を一動作単位として制御（露光）が行われる。尚、ビーム装置が一回の動作で連続描画可能な動作時間は、一定となっており、従って、一動作単位として設定された上記描画領域は、上記動作時間内に十分描画可能な範囲より小さな領域に設定される。そして、一動作単位終了毎に、ウェハ上のマーク（アライメントマーク）の位置検出とマーク高さ検出が行われる。そして、その後、次の描画動作が行われ、これら一連の処理が繰り返される。この場合、マーク検出と描画動作との間は、X-Yステージ1が、その連続移動方向と直交方向に、ステップ移動され、マーク検出と当該領域でのパターン描画動作とが交互に繰り返される。尚、この実施例ではM₁点からE₁点までの動作（描画/校正）を一動作単位とし、描画領域（図12中斜線で示す領域）は電子線のドリフト量の2倍の幅（図4の格子2個分）にて、その横幅（ステージ移動方向と直交する方向の幅）が決定されている。

【0033】上記位置合わせマーク（アライメント）の検出は、試料のマーク部（ウェハのディスクライブ領域に形成される）に電子線を照射し、図1に示すマーク検出器24にて、反射電子（又は二次電子）を検出することにより行う（先ず、図中1点鎖線で示す経路M₁に沿ってマーク検出が行われる）。マーク検出器4にて検出されたマーク位置データは、図1に示すデータベース（マーク位置データ格納部）26に保管される。その際に、描画する電子線と試料（ウェハ）2との相対位置がドリフトすると描画パターンの位置精度が劣化するため、この描画方式では一定時間経過毎に、電子線4と試

料（ウェハ）2との相対位置のドリフトに対する補正（校正処理）が行われる。

【0034】位置合わせマーク（アライメントマーク）K₁, K₂…は、図3に示したように、ウェハ2のディスクライブ領域の周辺部に形成されるので、位置合わせマークの検出と描画マークの検出とは同時にできない。そこで、分割された領域毎にその領域のマーク検出を行ない、その後に当該領域内の回路パターンの描画を行うようにしている（図中2点鎖線で示す経路E₁に沿って行われる）。この描画方式ではマーク位置検出処理と描画処理とをウェハの分割された描画領域毎に処理を行っており、これによってマーク位置検出処理と描画処理との切換えに要するステージ移動時間を少なくすることができる。この結果効率よく電子線4と試料（ウェハ）2とのズレの補正が行われ、ウェハ上への回路パターンの描画精度が一層向上する。

【0035】図13は、ステージの連続移動方向とウェハ上のパターンの機械的回転誤差を模式的に示したものである。半導体製造ラインでは、ウェハ上のパターンの機械的回転誤差を管理しないと、場所によっては最大500μm/100mm程度座標がずれる。従って本実施例の描画方式では、これらの誤差をステージのX-Y移動方向の座標軸（例えばX軸）とウェハ2上に形成した下地パターンの座標軸（X軸）との回転角度差θ

（図13）を計測し、この計測値θに基づいて任意の描画点F（x, y）に回転誤差の補正を行って修正後の座標P（x, y）を得る。尚、検出値θを計測するに当たっては、少なくともウェハ表面に形成された2箇所の合わせマークを検出して、これらを互いに比較することにより、測定される。

【0036】この回転誤差θは描画パターンの位置精度を劣化させるものである。これは、電子線による描画では、図2に示したアパーチャにより形成される方形の光電子面が、連続的に並べられて所望のパターンが形成されるため、回転誤差θが大きくなるにつれ、方形の光電子面同士の接合点に大きな段差が生じ、仮に、直線を描画しようとした場合には、各光電子面が階段状に並んで段差が生じるからである。本実施例では値θが小さい場合は、電子線4の偏向系に補正を加えることによってのみ、該回転誤差を補正し（図1の偏向器7に上記回転誤差の補正分を加える）、θが大きい場合は、前記偏向器7による補正を行うと共に電子線の回転レンズ6に補正を加えて光電子面の形状（方形）自体にも該回転誤差の補正をする。このように光電子面自体に回転誤差に応じた補正を行うことにより、方形の光電子面が回転誤差の生じた座標系に対し、角度補正がなされ、当該光電子面を連続的に並べた図形（パターン）に段差が生じなくなる。このように回転誤差に応じた補正を行うことによってステージの連続移動方向（図中X, Y方向）とウェハ上のパターン（ウェハ上の座標、図中x, y方向）との

機械的な回転誤差 θ に拘らず、常にパターンの描画精度を高く保持することができる。

【0037】(第2実施例)図14は、図2の電子ビーム装置を用いて描画を行うに当り、描画装置の試料台(X-Yステージ)1がX-Y方向にステップ移動させる描画方式(第2実施例の描画方式)での描画データ(露光の座標系)の変換の手法を示す説明図である。この描画方式では、ウェハ上に描画する描画領域(露光の座標点)を指定するために先ず描画装置側のフィールド(単位露光領域)内の座標(F_x , F_y)及びこれを中心に4つの基準座標($F_x + \Delta$, $F_y + \Delta$), ($F_x - \Delta$, $F_y + \Delta$), ($F_x + \Delta$, $F_y - \Delta$), ($F_x - \Delta$, $F_y - \Delta$)を設定する。今仮に、座標(F_x , F_y)を基準とした所定のパターン座標(P_x , P_y)を描画する場合を考える。この場合、先ず、4つの基準座標($F_x + \Delta$, $F_y + \Delta$), ($F_x - \Delta$, $F_y + \Delta$), ($F_x + \Delta$, $F_y - \Delta$), ($F_x - \Delta$, $F_y - \Delta$)を中心とした、上記パターン座標(P_x , P_y)の4つの変換座標を求める。この場合、4つの座標は、($P_x - \Delta$, $P_y - \Delta$), ($P_x + \Delta$, $P_y - \Delta$), ($P_x - \Delta$, $P_y + \Delta$), ($P_x + \Delta$, $P_y + \Delta$)となる。そして、この4種類の各々のパターンデータ(座標)に基いて4回の描画処理の重ね合わせが行われる。尚、実際に描画を行うに当たっては、多数のパターン座標に対し4つの変換されたパターン座標が夫々算出されることとなる。図14のデータ(a)~(d)は、①座標(F_x , F_y)をX方向、Y方向に所定移動量 Δ だけシフトさせた場合($F_x + \Delta$, $F_y + \Delta$)、②X方向に $-\Delta$ 、Y方向に $+\Delta$ シフトさせた場合($F_x - \Delta$, $F_y + \Delta$)、③X方向に $+\Delta$ 、Y方向に $-\Delta$ シフトさせた場合($F_x + \Delta$, $F_y - \Delta$)、④X方向、Y方向に共に $-\Delta$ シフトさせた場合($F_x - \Delta$, $F_y - \Delta$)の、元のパターンデータ(P_x , P_y)に対するシフト後のパターンデータ(座標)の変換後の値を示す。この例では、フィールドの中心座標(F_x , F_y)のシフト方向が移動した分、パターンデータの座標(P_x , P_y)を反対方向にシフトさせて、フィールド座標が $\pm \Delta$ シフトした分だけずれる描画データを、反対方向に修正している。上記のシフト量 Δ は、X方向、Y方向共に電子線描画装置の最大電磁偏向幅と最大静電偏向幅の合計(描画可能範囲)の $1/2$ 以下としているが、これは当該描画範囲の中で少なくとも4回の描画処理の重ね合わせを行うため、1回の移動後の描画点が必ず描画範囲内に存在するようにしている。

【0038】図15は、上記の描画方式を模式的に示したもので、1つのフィールド(単位露光領域)にシフト量がX、Y方向に $\pm \Delta$ シフトされた4つの基準座標(F_x , F_y), (F_{ax} , F_{ay}), (F_{bx} , F_{by}), (F_{cx} , F_{cy}), (F_{dx} , F_{dy})が設けられ、各々の座標を基準として、1の描画点(P_x , P_y)が異なった座標として表されている。そして、上記

4つの基準座標を夫々中心とした4回の描画処理が重ねて行われることとなる。

【0039】この描画方式では、電子線の偏向と電子線のオン/オフとを組合せて偏向制御が行われている。電子線4の偏向は、電磁偏向と静電偏向とが組み合わされて行われている(電磁偏向は最大ビーム偏向幅5mm程度、静電偏向は電子線偏向幅50~500 μ m程度)。従って、X-Yステージが固定された状態での当該描画装置の描画可能な範囲はこれら2つの偏向幅の和となる。従って、上述のように、1つのパターンデータに対して、4回の重ね露光するに当たって、前記X-Yステージの移動量(シフト量 Δ)を、電子線4の電磁偏向幅と静電偏向幅と和の $1/2$ シフトさせると、4回重ねの露光が効率良く行われる。このように1の描画領域に4回の露光工程を施した場合、電子線4の揺らぎ、特に描画領域同士の境界部で電子線4の不明瞭化が平均化され、精度のよい照射が可能となる。

【0040】以上説明したように、本実施例では、ウェハ上の複数の合わせマーク位置と高さの検出に際し、前記試料上歪、欠陥、異物などによって、前記試料面上のマーク位置と高さの検出精度劣化を防ぐため、前記試料の複数の検出データを試料の品種、製造工程、面内分布などの統計処理によって、分布から外れた検出データを除外して残りのデータを用いて電子線(荷電ビーム)の偏向と電子線の形成および電子線のビーム焦点位置を合わせ、試料上へパターンを描画するようにしたので、ウェハ上の複数の合わせマーク位置と高さの検出に際して、前記の検出データが前記試料の位置と高さを反映したもののか、前記試料面上の欠陥、異物並びに試料の歪を含んだものかを判断して、これを排除することができる。また、ウェハを搭載したステージを連続して移動しながら、ウェハ上にパターンを描画する際に、電子線(荷電ビーム)の偏向量によって、ウェハ上の描画領域を前記ステージの連続移動方向と直交方向に分割し、それぞれの領域毎に前記マーク位置と高さの検出とパターン描画の繰返して較正処理を行うようにしたので、描画時間を大幅に増加することなく較正処理を行うことができる。又、ウェハを搭載したステージを連続して移動しながら、ウェハ上にパターンを描画する際に、前記ステージの連続移動の方向とウェハ上に形成した下地パターンの座標軸の方向との回転誤差を計測し、前記回転誤差が小さい場合は電子線の偏向系に補正を加えることによって、また、前記回転誤差が小さい場合は、電子線の偏向系に補正を加えることと電子線の形状の回転に補正を加えることによって、前記回転誤差を補正して精度の高い描画が行われる。又、ウェハの移動と電子線の偏向走査と電子線のオンオフとを組合せ、ウェハ上へパターンを描画する方法において、ウェハ上に描画するパターンの寸法、位置座標などを複数の基準点を中心とした座標に変換し、各々の座標に基づいて、1つの描画点に対し

複数重ね露光したので、電子線の揺らぎが低減され、電子線偏向境界部での接続精度の向上が実現できる。

【0041】

【発明の効果】本願において開示される発明のうち代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば下記のとおりである。即ち、ウェハ表面に欠陥、異物、歪が生じた場合であっても精度の高い描画処理を行うことができる。また、ウェハの描画処理と校正処理とが効率よく行えるので、描画処理全体として処理速度が速くなって、動作効率が高められる。また、X-Yステージの連続移動の方向とウェハ上に形成した下地パターンの座標軸の方向との回転誤差が生じた場合であっても、これを補正して精度の高い描画を行うことができる。1の描画点に対して複数回の重ね露光が行われるので、電子線の揺らぎが低減され、電子線偏向境界部での描画精度が高められる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る電子線露光装置の構成を示すブロック図である。

【図2】電子ビーム装置の構成を示す斜視図である。

【図3】ウェハ上の単位露光領域の配列状態とアライメントマークとの関係の一例を示す説明図である。

【図4】マーク検出データの統計処理フローチャートである。

【図5】ウェハの面内分布によるデータ処理の説明図である。

【図6】ウェハの面内分布によるデータ処理の説明図である。

【図7】被露光物（ウェハ）の露光面の高さに応じた偏向係数を求める手法の一例を示した説明図である。

【図8】被露光物（ウェハ）の露光面の高さに応じた偏向係数を求める手法の一例を示した説明図である。

【図9】被露光物（ウェハ）の露光面の高さに応じた偏向係数を求める手法の一例を示した説明図である。

【図10】被露光物（ウェハ）の露光面の高さに応じた偏向係数を求める手法の一例を示した説明図である。

【図11】偏向係数を求める際の基準マーク検出位置の一例を示す説明図である。

【図12】本実施例の電子線露光装置による描画方式の説明図である。

【図13】ウェハ回路パターンの座標軸とステージの移動方向の間に生じる回転誤差を示す説明図である。

【図14】第2実施例の電子線照射手法を実行する際に用いるデータの生成手順を示す説明図である。

【図15】図14に示すデータに基づいた電子線照射の手順を示す説明図である。

【符号の説明】

1 試料台（X-Yステージ）

2 ウェハ

4 電子線

6 回転レンズ

7 偏向器

8 対物レンズ

12 回転レンズ制御部

14 偏向制御部

16 制御計算機

17 対物レンズ制御部

20 描画データ格納部

23 Z測定器

24 マーク検出器

26 データベース

30 $P_1, P_2 \dots P_n$ 素子領域

$K_1, K_2 \dots K_n$ アライメントマーク

M_H, M_L 標準マーク

【図7】

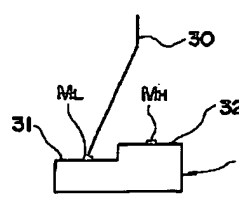
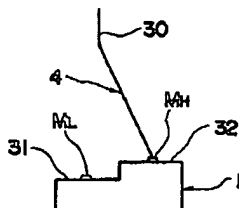
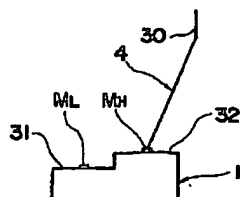
【図8】

【図9】

【図7】

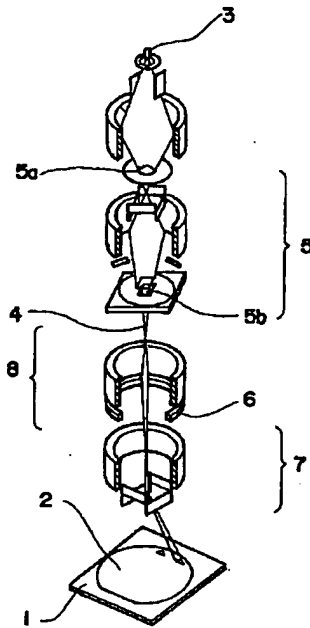
【図8】

【図9】



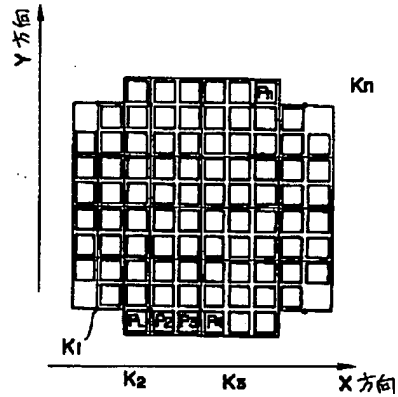
【図2】

【図2】



【図3】

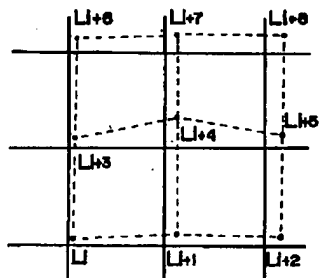
【図3】



K1 ~ Kn ... アライメントマーク
P1 ~ Pn ... 素子領域

【図5】

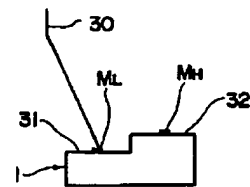
【図5】



L4: マーク検出エラーの場合

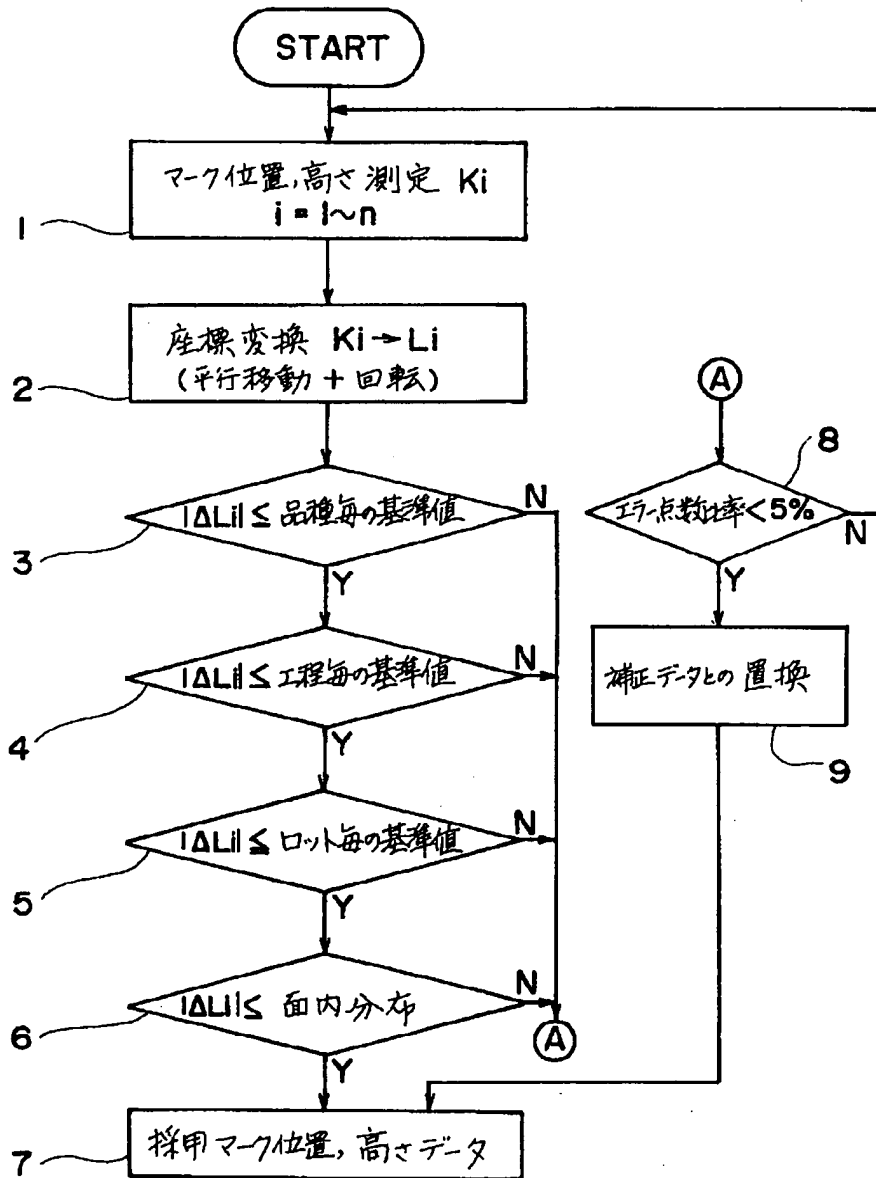
【図10】

【図10】



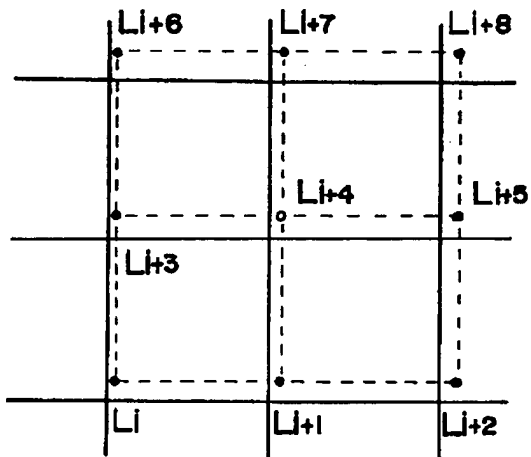
【図4】

【図 4】



【図6】

【図6】

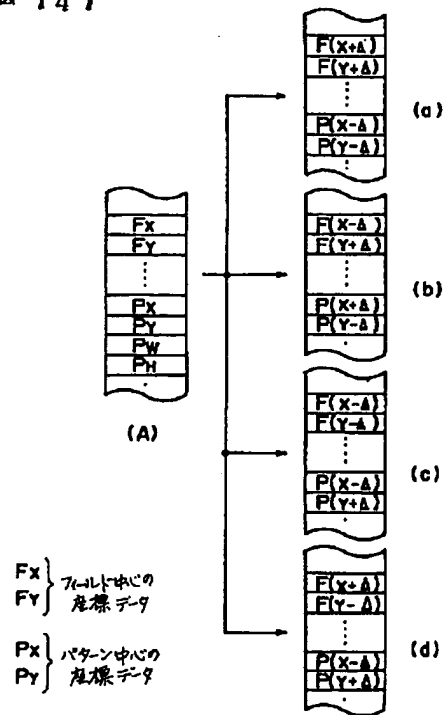


$$Li+4(x,y) = \frac{1}{n-1} \left\{ \sum_{i=1}^n Li(x,y) - Li+4(x,y) \right\}$$

Li = 各理想格子点からのシフト量

【図14】

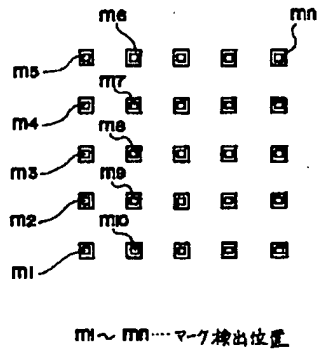
【図14】



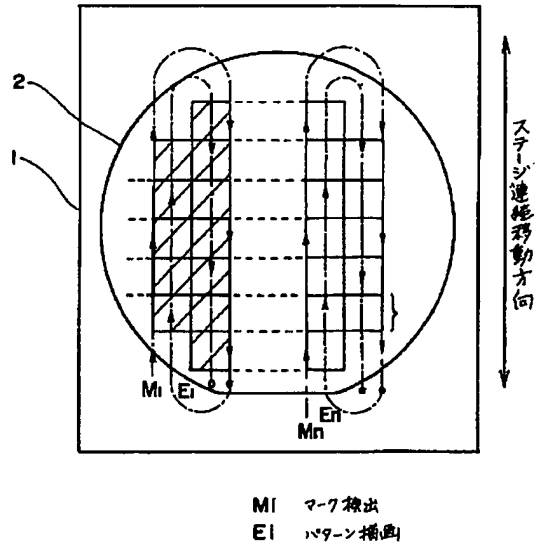
【図11】

【図12】

【図11】

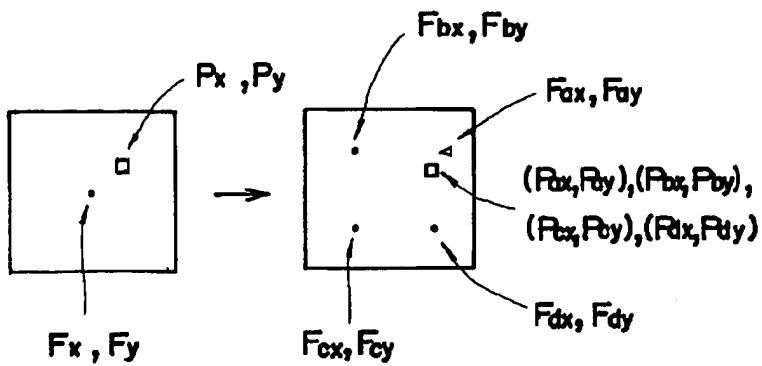


【図12】



【図15】

【図15】



【図13】

【図 13】

